

**기계적 합금화로 제조한 nanocrystallin L1₂ Al₃Hf 금속간 화합물의
진공열간 압축성형거동**
(Vacuum hot press behavior of nanocrystallin L1₂ Al₃Hf intermetallic
compound synthesized by mechanical alloying)

한양대학교 김재일, 문환균, 김선진
한국과학기술연구원 홍경태
서울산업대학교 강계명

알루미늄과 IV-A 및 V-A 족 원소들은 알루미늄라이드(aluminide)라고 불리는 금속간화합물을 형성하는데, 이들은 경량이면서 높은 용점을 가져 항공기 또는 각종 엔진에 적용할 수 있는 고온 구조용 재료로의 활용이 기대되고 있다. Al의 함량이 높은 Al₃X 금속간화합물은 AlX 및 AlX₃ 금속간화합물에 비해 낮은 밀도를 가지며 효과적인 산화방지막으로 작용하는 Al₂O₃의 생성이 용이하여 우수한 내산화성을 가질 것으로 예상되고 있어 최근에 많은 연구가 진행되고 있다. Al₃X 금속간화합물은 AlX나 AlX₃ 금속간화합물과 마찬가지로 상온에서 매우 낮은 연성을 보이는 것으로 보고되고 있어 Al₃X 금속간화합물의 낮은 연성을 향상시키기 위하여 cubic L1₂ 구조를 생성시키거나 결정립을 nano화시키는 등의 방법이 연구되고 있다.

Al₃X 금속간화합물 중에서 Al₃Hf은 비교적 많은 연구가 이루어진 Al₃Ti(용점 1350°C)에 비해 높은 1590°C의 용점을 가져, 보다 높은 온도에 대한 구조용 재료로의 활용이 기대되는 금속간화합물이다. Al₃Hf의 경우 Schwarz 등에 의해 L1₂ 구조의 Al₃Hf 금속간화합물이 기계적합금화법으로 제조된 예가 보고되어 있으며, Desch는 기계적합금화로 제조된 L1₂ Al₃Hf 금속간화합물의 L1₂ 구조가 약 400°C정도까지 안정한 것으로 보고한 바 있다. 이와 같이 L1₂ Al₃Hf은 고온 구조재료로서 실용화가 곤란한 매우 낮은 열적 안정성을 보이지만, Schwarz등이 앞에서 조사한 것 같이 Al₃Zr의 경우 Cu를 첨가함에 따라 L1₂ 구조의 안정 온도가 약 1300°C까지 크게 확장된 것을 고려하면 Al₃Hf의 경우에도 제 3 원소 첨가를 통해 L1₂ 구조의 열적 안정성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 따라서 본 연구에서는 Al₃Hf의 열적안정성과 Al₃Hf에 Cu첨가시 열적안정성에 미치는 영향을 조사하였고, L1₂ 구조를 유지 하면서 결정립의 성장을 최대한 억제할수 있는 성형 조건등을 평가하였다.

본 연구에서는 L1₂ 구조를 갖는 Al₃Hf 금속간화합물의 제조를 위해 SPEX mill을 사용하였고, 원료분말은 혼합비를 2원계의 경우 Al:Hf 원자비를 3:1로 하였으며, 3원계의 경우에는 Al:Cu:Hf 원자비를 13:2:5로 하여 10at.%의 Cu를 첨가하였다. 또한 분말의 과잉 압축을 방지하기 위해 분말 총량의 1wt.%만큼 스테아린산을 첨가하였다. 여기서 얻어진 분말의 기계적합금화시 L1₂상 형성거동을 조사하였고, 또한 얻어진 분말의 열적 안정성을 monochromated Cu K_α 선($\lambda=0.1542$ nm)을 사용한 Rigaku사의 RAD-C X선 회절기를 사용하여 조사하였다. 그리고 Cu의 첨가가 L1₂상의 형성거동 및 상 안정성에 미치는 영향을 조사하였고 그들의 성형성을 VHP(Vacuum Hot Press)를 통하여 L1₂ 구조를 유지 하면서 결정립의 성장을 최대한 억제할수 있는 성형 조건등을 XRD, SEM, Electro Densimeter등으로 실험하였다.

위의 실험으로 Al₃Hf은 400°C까지 L1₂ 구조가 안정한 것을 볼수 있었고 400°C에서 VHP로 실험시에도 결정립 크기의 증가 없이 nano size가 유지됨을 볼수 있었다. 또 Cu첨가시 Al₃Hf은 700°C까지 안정한 L1₂ 구조를 유지하는 것을 볼수 있었다.